

# **DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES**

## **SOUS-SECTION 6.33 BÉTON COULÉ EN PLACE**

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>PAGE</b>
<b>SOUS-SECTION 6.33 BÉTON COULÉ EN PLACE.....</b>	<b>1</b>
6.33.1 GÉNÉRALITÉS.....	1
6.33.2 NORMES DE RÉFÉRENCE.....	1
6.33.3 MATÉRIAUX .....	4
6.33.4 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE .....	11
6.33.5 EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	13
6.33.6 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ .....	30

## SOUS-SECTION 6.33 BÉTON COULÉ EN PLACE

### 6.33.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.33.1.1 Cette sous-section décrit les exigences relatives à la réalisation d'ouvrages en béton dans le cadre de projets visant la construction d'ouvrages neufs ou la remise en état d'ouvrages existants du présent Contrat.
- 6.33.1.2 Les exigences particulières, le cas échéant, concernant les travaux de béton coulé en place prévus au présent Contrat sont données à la Section 4 *Conditions techniques particulières*.
- 6.33.1.3 Les exigences relatives aux travaux de démolition de béton sont décrites à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*;
- 6.33.1.4 Les exigences relatives aux armatures et ancrages sont décrites à la sous-section 6.31 *Armatures pour le béton*.
- 6.33.1.5 Les exigences relatives aux travaux de coffrages sont décrites à la sous-section 6.32 *Coffrages*.

### 6.33.2 NORMES DE RÉFÉRENCE

- 6.33.2.1 L'**Entrepreneur** doit exécuter tous les travaux de béton conformément aux exigences des normes et documents suivants auxquels s'ajoutent les prescriptions du Contrat :
- 6.33.2.1.1 (AASHTO) American Association of State Highway and Transportation Officials :
- AASHTO M182-05-UL *Standard Specification for Burlap Cloth Made from Jute or Kenaf and Cotton Mats*;
  - AASHTO T026-79-UL *Standard Method of Test for Quality of Water to be used in Concrete*.
- 6.33.2.1.2 (ACI) American Concrete Institute :
- ACI 304.2R-96 *Placing Concrete by Pumping Methods*;
  - ACI 306R-88 *Cold Weather Concreting (Reapproved 2002)*;
  - ACI 309R-05 *Guide for Consolidation of Concrete*.
- 6.33.2.1.3 (ASTM) ASTM International :
- ASTM C109/C109M-07e1 *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*;

- ASTM C157/C157M-06 *Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete;*
- ASTM C171-07 *Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete;*
- ASTM C260-06 *Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete;*
- ASTM C295-03 *Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete;*
- ASTM C309-07 *Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete;*
- ASTM C348-02 *Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars;*
- ASTM C457-08b *Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete;*
- ASTM C494/C494M-08a *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete;*
- ASTM C642-06 *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete;*
- ASTM C666/C666M-03(2008) *Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing;*
- ASTM C672/C672M-03 *Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals;*
- ASTM C685/C685M-07 *Standard Specification for Concrete Made By Volumetric Batching and Continuous Mixing;*
- ASTM C881/C881M-02 *Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete;*
- ASTM C882/C882M-05e1 *Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete by Slant Shear;*
- ASTM C1017/C1017M-07 *Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete;*
- ASTM C1064/C1064M-08 *Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete;*
- ASTM C1152/C1152M-04e1 *Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete;*
- ASTM C1202-07 *Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration;*
- ASTM D512-04 *Standard Test Methods for Chloride Ion In Water;*
- ASTM D516-07 *Standard Test Method for Sulfate Ion in Water;*

- ASTM D4191-03 *Standard Test Method for Sodium in Water by Atomic Absorption Spectrophotometry*;
- ASTM D4192-03 *Standard Test Method for Potassium in Water by Atomic Absorption Spectrophotometry*;
- ASTM D5095-91(2007) *Standard Test Method for Determination of the Nonvolatile Content in Silanes, Siloxanes and Silane-Siloxane Blends Used in Masonry Water Repellent Treatments*;
- ASTM D5167-03 *Standard Practice for Melting of Hot-Applied Joint and Crack Sealant and Filler for Evaluation*;
- ASTM D5329-07 *Standard Test Methods for Sealants and Fillers, Hot-Applied, for Joints and Cracks in Asphaltic and Portland Cement Concrete Pavements*.

6.33.2.1.4 (ACNOR(CSA)) Association canadienne de normalisation :

- CAN/CSA-A23.1-F04/A23.2-F04 *Béton: Constituants et exécution des travaux/Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton*;
- CAN/CSA-A23.3-F04 *Calcul des ouvrages en béton*;
- CAN/CSA-A3000-08 *Consolidation Cementitious Materials Compendium (which consists of A3001, A3002, A3003, A3004 and A3005)*;
- CAN/CSA S6-F06 *Code canadien sur le calcul des ponts routiers*.

6.33.2.1.5 Bureau de normalisation du Québec :

- BNQ 2560-114/2007 *Travaux de génie civil – Granulats – Partie IV : Béton de masse volumique normale*;
- BNQ 2621-900/2005 *Bétons de masse volumique normale et constituants*.
- BNQ-2621-905/2005 *Bétons de ciment de masse volumique normale et constituants – Protocole de certification*

6.33.2.1.6 (MTQ) Ministère des Transports du Québec :

- MTQ – *Cahier des charges et devis généraux (CCDG)*;
- MTQ – *Normes – Ouvrages routiers – Tome VII Matériaux, Chapitre 3 Béton de ciment et produits connexes*;
- MTQ – *Normes – Ouvrages routiers – Tome VII Matériaux, Chapitre 4 Liants et enrobés bitumineux, Norme 4401 Produits de colmatage de fissures et de joints*.

6.33.2.1.7 (ONGC(CGSB)) Office des normes générales du Canada :

- CGSB 41-GP-35M *Garniture d'étanchéité en poly (chlorure de vinyle)*.

6.33.2.1.8 Pour le béton coulé sous l'eau, en plus des normes mentionnées ci-dessus, les normes suivantes doivent être respectées :

6.33.2.1.8.1 American Concrete Institute :

- ACI 546.2R-98 *Guide to Underwater Repair of Concrete*.

6.33.2.1.8.2 United States Army Corps of Engineers :

- CRD-C61-89A *Test Method for Determining the Resistance of Freshly Mixed Concrete to Washing Out in Water* (12-01-1989).

### 6.33.3 MATÉRIAUX

6.33.3.1 CIMENTS ET AJOUTS CIMENTAIRES

6.33.3.1.1 Les ciments hydrauliques doivent être conformes aux normes CAN/CSA-A23.1 et CAN/CSA A3000.

6.33.3.1.2 Le liant cimentaire utilisé doit être un ciment hydraulique Portland d'usage général du type GU ou un ciment hydraulique composé du type GUb-SF, GUb-S/SF ou GUb-F/SF.

6.33.3.1.3 La masse totale des ajouts cimentaires (cendres volantes, laitier de haut-fourneau granulé finement broyé et fumées de silice) ne doit pas être supérieure à 30% de la masse totale du liant.

6.33.3.1.4 La fumée de silice doit être conforme à la norme CAN/CSA-A3000, de type U, suivant un rapport de 6 à 8% en masse de ciment.

6.33.3.1.5 La cendre volante, lorsque requise, doit être conforme aux exigences du type F de la norme CAN/CSA-A3000 et plus précisément la section de la norme A3001 – *Liants utilisés dans le béton*.

6.33.3.1.6 À moins d'indication contraire, l'usage des ciments ternaires est interdit durant la période du 15 octobre au 31 mars.

6.33.3.2 EAU

6.33.3.2.1 L'eau utilisée pour le malaxage et la cure du béton doit être fraîche, propre, potable et exempte d'huile et d'impuretés chimiques ou organiques, et doit être conforme aux dispositions de la section 4 de la norme CAN/CSA-A23.1.

6.33.3.2.2 L'eau brute utilisée comme eau de gâchage doit respecter les caractéristiques suivantes (issues de la norme CAN/CSA-A23.1, article 4.2.2) :

Paramètres	Concentration maximale dans l'eau de gâchage (mg/l)	Norme
Chlorures	500 (pour le béton précontraint) 1 000 (pour les autres bétons armés)	ASTM D512
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	3000	ASTM D516
Alcalis (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O)	500 600	ASTM D4191 ASTM D4192
Total des solides	50 000	AASHTO T026

### 6.33.3.3 GRANULATS

6.33.3.3.1 Tous les granulats doivent être propres, résistants et exempts de matières nuisibles, et doivent satisfaire aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 applicables à la classe d'exposition appropriée.

6.33.3.3.1.1 L'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, une déclaration signée par la personne qualifiée qui a exécuté l'examen pétrographique des granulats fins et grossiers (conformément à la norme ASTM C295) attestant que le granulat utilisé dans le béton ne provoquera pas de dilatation excessive et de fissures dans le béton causé par la réaction alcali-granulat ou par toute autre réaction nuisible tel que prescrit dans la norme CAN/CSA-A23.1.

6.33.3.3.1.2 Les granulats doivent être constitués de sable naturel, gravier ou pierre concassée conformes aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 quant à la granulométrie, la résistance et la durabilité.

#### 6.33.3.3.2 Granulats fins de densité normale

6.33.3.3.2.1 Les granulats fins de densité normale doivent être constitués de sable naturel, de sable manufacturé, ou d'un mélange des deux.

6.33.3.3.2.2 Les limites granulométriques du granulat fin (GF) doivent être les suivantes :

Dimension du tamis	% de la masse totale passant le tamis
10 mm	100
5 mm	95 à 100
2,5 mm	80 à 100
1,25 mm	50 à 90
630 µm	25 à 65
315 µm	10 à 35
160 µm	2 à 10
80 µm	0 à 3

### 6.33.3.3 Gros granulats de densité normale

6.33.3.3.1 Les gros granulats de densité normale doivent se composer de pierre concassée, de gravier naturel, de laitier de haut-fourneau refroidi à l'air ou d'un mélange de ceux-ci conformes à la norme CAN/CSA-A23.1.

6.33.3.3.2 Les exigences granulométriques du gros granulat sont les suivantes :

Dimension nominale du granulat, mm	Pourcentage de la masse totale passant chaque tamis						
	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2,5 mm	1,25 mm
20 à 5	100	85 à 100	50 à 90	25 à 60	0 à 10	0 à 5	-
14 à 5		100	90 à 100	45 à 75	0 à 15	0 à 5	-
10 à 2,5			100	85 à 100	10 à 30	0 à 10	0 à 5

### 6.33.3.4 Réactivité alcali-granulat

6.33.3.4.1 Le granulat utilisé dans le béton ne doit pas réagir au contact des alcalis du béton au point d'occasionner une expansion excessive du béton, une fissuration, ou les deux.

6.33.3.4.2 L'essai d'évaluation du potentiel de réactivité d'un granulat doit être effectué conformément à la norme CAN/CSA-A23.2-14A *Détermination du gonflement des granulats*.

6.33.3.4.3 La classification du degré de réactivité du granulat est basée sur le Tableau 2 de la norme CAN/CSA-A23.2-27A *Pratique normalisée de détermination du degré de réactivité alcaline des granulats et des mesures pour éviter l'expansion nuisible du béton* en utilisant les résultats de l'essai du prisme de béton. Les résultats obtenus au moyen de l'essai accéléré ne seront pas considérés.

6.33.3.4.4 Les granulats classifiés « fortement réactifs » ne doivent pas être utilisés. Les granulats classifiés « modérément réactifs » peuvent être utilisés en combinaison avec l'une des mesures préventives suivantes :

6.33.3.4.4.1 limiter l'apport en alcalis du ciment Portland au béton à un maximum de 2,4 kg/m<sup>3</sup> de Na<sub>2</sub>O équivalent tel que prescrit au Tableau 5 *Mesures préventives* de la norme CAN/CSA-A23.2-27A;

6.33.3.4.4.2 utiliser un ciment ternaire GUb-S/SF ou GUb-F/SF conforme à la norme CAN/CSA-A3000 (plus précisément A3001), selon les indications du tableau 6 de la norme CAN/CSA-A23.2-27A.



6.33.3.3.4.5 Les granulats montrant une réactivité du type alcali-carbonate ne doivent pas être utilisés.

#### 6.33.3.4 ADJUVANTS

##### 6.33.3.4.1 Adjuvants entraîneur d'air

6.33.3.4.1.1 Les adjuvants entraîneur d'air doivent être conformes à la norme ASTM C260.

6.33.3.4.1.2 Tous les bétons utilisés par l'**Entrepreneur** doivent contenir un agent entraîneur d'air. Les agents entraîneur d'air doivent être compatibles avec les autres adjuvants et le type de ciment utilisé.

##### 6.33.3.4.2 Adjuvants chimiques

6.33.3.4.2.1 Les adjuvants chimiques doivent être conformes à la norme ASTM C494/C494M ou ASTM C1017/C1017M.

6.33.3.4.2.2 Les adjuvants chimiques utilisés ne doivent contenir aucun chlorure; de plus, les adjuvants du type C ou E (accélérateurs de prise) sont interdits.

6.33.3.4.2.3 À moins d'indication contraire, seuls les réducteurs d'eau de type A doivent être utilisés. Ceux-ci doivent produire une réduction d'eau supérieure à 5% comparativement au mélange témoin contenant également de l'air entraîné.

6.33.3.4.2.4 Pour le béton autoplaçant, un agent colloïdal du type polysaccharide ou provenant d'un dérivé de cellulose doit être utilisé pour prévenir la ségrégation du béton. Les dosages minimaux sont les suivants :

6.33.3.4.2.4.1 agent colloïdal du type polysaccharide : 1100 ml/100 l d'eau;

6.33.3.4.2.4.2 agent colloïdal provenant d'un dérivé de cellulose : 130 ml/100 kg de ciment.

6.33.3.4.2.5 L'Ingénieur peut également prescrire l'utilisation d'un adjuvant retardateur de prise tel que prescrit à la norme ASTM C494/C494M et d'un adjuvant anti-retrait. Les méthodes et les proportions recommandées par le fabricant doivent être respectées.

6.33.3.4.2.6 Selon la nature des travaux et les exigences qui y sont reliées, l'Ingénieur peut prescrire l'utilisation d'un superplastifiant (réducteur d'eau à haut pouvoir de réduction). En raison de certaines des caractéristiques de ce type d'adjuvant, des mesures spéciales doivent alors être prises par l'**Entrepreneur** lors de sa mise en œuvre :

6.33.3.4.2.6.1 avant d'ajouter le superplastifiant, le béton doit avoir un affaissement se trouvant dans les limites prescrites;

- 6.33.3.4.2.6.2 au moment d'être incorporé à l'ouvrage, le béton doit avoir une teneur en air se trouvant dans les limites prescrites.
- 6.33.3.4.2.7 Pour le béton autoplaçant, les superplastifiants utilisés doivent être à base de sulfonate de naphthalène.
- 6.33.3.4.2.8 Lorsqu'un superplastifiant est utilisé, l'affaissement mesuré après le dosage au chantier doit être maintenu à une valeur maximale de 150 mm, à moins d'indication contraire de l'Ingénieur.
- 6.33.3.4.3 Adjuvants pulvérulents
- 6.33.3.4.3.1 Les adjuvants pulvérulents doivent être mis en solution avant utilisation et selon les recommandations du fabricant.
- 6.33.3.4.3.2 Les adjuvants en solution ou en suspension doivent être agités pour conserver leur homogénéité.
- 6.33.3.5 MATÉRIAUX DE CURE
- 6.33.3.5.1 Les matériaux utilisés lors de la cure du béton doivent respecter les exigences des normes suivantes : ASTM C171, ASTM C309 et AASHTO M182.
- 6.33.3.5.2 Produit de cure formant membrane
- 6.33.3.5.2.1 L'utilisation d'un produit de cure chimique n'est autorisée que lorsque spécifiquement permis dans les *Conditions techniques particulières* ou si autorisé par l'Ingénieur lorsque de l'avis de ce dernier, la réalisation d'une cure humide est difficilement réalisable.
- 6.33.3.5.2.2 Le produit de cure formant membrane utilisé doit être conforme à la norme ASTM C309 et translucide, avec un colorant fugace (type 1-D).
- 6.33.3.5.3 Toile absorbante
- 6.33.3.5.3.1 La toile absorbante, composée de fibres synthétiques de polyester ou de polypropylène non tissée et aiguilletée, doit avoir une masse surfacique minimale de 300 g/m<sup>2</sup> et être de couleur blanche.
- 6.33.3.5.3.2 La toile absorbante doit avoir une largeur d'au moins 1 m; elle ne doit pas contenir de substances qui pourraient être nocives pour le béton. La toile neuve doit être rincée à grande eau, de façon à la rendre plus absorbante et à la débarrasser de toute substance soluble.

#### 6.33.3.5.4 Feuille imperméable

6.33.3.5.4.1 La feuille imperméable doit être conforme aux exigences de la norme ASTM C171.

6.33.3.5.4.2 La feuille imperméable peut être :

6.33.3.5.4.2.1 une pellicule de polyéthylène transparente ou opaque de couleur blanche d'une épaisseur minimale de 0,1 mm, ou

6.33.3.5.4.2.2 une toile ayant une masse surfacique minimale de 305 g/m<sup>2</sup>, recouverte d'un côté d'une pellicule de polyéthylène opaque de couleur blanche d'une épaisseur minimale de 0,1 mm.

6.33.3.5.4.3 La feuille imperméable doit avoir une largeur d'au moins 1 m, être exempte de déchirures et ne pas contenir de substances qui pourraient être nocives pour le béton.

#### 6.33.3.6 CHLORURE DE CALCIUM

6.33.3.6.1 L'utilisation de chlorure de calcium est interdite en tout temps.

#### 6.33.3.7 BÉTON STANDARD

6.33.3.7.1 Le béton standard doit être conforme aux caractéristiques suivantes :

Résistance à 28 jours (MPa)	Masse min. de ciment (kg/m <sup>3</sup> )	Rapport eau/liant maximal	Affaissement (mm)		Gros granulats (mm)	Teneur en air (%)
			± 30 mm <sup>(3)</sup>	± 40 mm <sup>(3)</sup>		
35	340 <sup>(1)</sup> 365 <sup>(2)</sup>	0,45	80 <sup>(4)</sup>		5-20	5-8
45	370 <sup>(1)</sup>	0,40	80 <sup>(4)</sup>		5-14	5-8
50	410 <sup>(1)</sup>	0,37		180	5-14	5-8

(1) Ciment du type GUb – SF.

(2) Ciment du type GUb – S/SF ou GUb – F/SF.

(3) Les tolérances sur les valeurs spécifiées ne s'appliquent qu'aux fins de contrôle.

(4) Après l'ajout de superplastifiant, la valeur maximale de l'affaissement doit être de 150 mm.

### 6.33.3.8 BÉTON AUTOPLAÇANT

6.33.3.8.1 Le béton autoplaçant doit être conforme aux caractéristiques suivantes :

Résistance à 28 jours <sup>(1)</sup> (MPa)	Masse min. de ciment ternaire (kg/m <sup>3</sup> )	Rapport eau/liant maximal	Gros granulats Volume max. (l/m <sup>3</sup> )	Teneur en air (%)	Étalement (mm)	Écoulement max. (s)	Rapport volumique sable/pâte <sup>(4)</sup>
35	460	0,35 à 0,40 <sup>(3)</sup>	330 (2,5 à 10 mm)	6 à 9	700 ± 50 mm <sup>(2)</sup>	5	0,6 – 0,8
35	450	0,38 à 0,43 <sup>(3)</sup>	300 (5 à 20 mm)	5 à 8	625 ± 50 mm <sup>(2)</sup>	8	0,6 – 0,8

- (1) La résistance à la compression minimale à 48 heures doit être de 10 MPa.  
(2) Les tolérances sur les valeurs spécifiées ne s'appliquent qu'aux fins de contrôle.  
(3) Indique le rapport eau/liant allant du minimum au maximum.  
(4) Le rapport volumique sable/pâte est le rapport sable / (liant + eau + air).

6.33.3.8.2 Le béton autoplaçant en sac est interdit à moins d'indications contraires aux *Conditions techniques particulières*.

### 6.33.3.9 BÉTON ANTILESSIVAGE

6.33.3.9.1 Le béton antilessivage pour travaux sous-marins doit être conforme aux caractéristiques suivantes :

Résistance à 28 jours (MPa)	Masse min. de ciment GUb-SF (kg/m <sup>3</sup> )	Rapport eau/liant maximal	Gros granulats (mm)	Granulat fin (%) <sup>(1)</sup>	Teneur en air (%)	Affaissement (mm)
35	450	0,42	2,5-10	45 à 55	6 à 9	200 ± 40

- (1) Pourcentage calculé par rapport à la masse totale des granulats.

### 6.33.3.10 MORTIER CIMENTAIRE

6.33.3.10.1 Le mortier doit être préparé, manipulé et appliqué en conformité avec les exigences du fabricant et selon les conditions de mise en place à l'endroit de la réparation.

6.33.3.10.2 Les mortiers cimentaires doivent contenir moins de 5% de gros granulats retenus sur le tamis 10 mm.

6.33.3.10.3 Les polymères utilisés comme constituant du mortier cimentaire doivent être employés avec ou en remplacement de l'eau de gâchage.

6.33.3.10.4 Les fibres utilisées comme constituant du mortier cimentaire doivent être constituées d'un matériau qui ne corrode pas.

6.33.3.10.5 Caractéristiques et méthodes d'essais des mortiers cimentaires :

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Critère	Catégorie de mortier		
			N <sup>(1)</sup>	R <sup>(1)</sup>	TR <sup>(1)</sup>
Résistance à la compression (MPa)	ASTM C109 / C109M	3 heures	-	-	17
		1 jour	12	22	-
		7 jours	30	35	45
		28 jours	30	35	45
Résistance à la flexion (MPa)	ASTM C348	7 jours	6,0		
Adhérence au béton (MPa)	ASTM C882	1 jour	7,0		
		7 jours	10,0		
Absorption d'eau (%)	ASTM C642	28 jours max.	5,5		
Variation de longueur (%)	ASTM C157 / C157M	28 jours (eau)	+0,15		
		28 jours (air)	-0,15		
Écaillage de surface Perte max. (kg/m <sup>2</sup> )	BNQ-2621-900	(56 cycles)	0,50		
Gel – dégel Module d'élasticité min. (%)	ASTM C666 / C666M	(300 cycles)	80		
Teneur en ions chlorures (kg/m <sup>3</sup> )	ASTM C1152 / C1152M	s/o	0,60		

(1) N: Mortier à prise normale, R : Mortier à prise rapide, TR : Mortier à prise très rapide.

## 6.33.4 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

### 6.33.4.1 BÉTONNIÈRE MOBILE

6.33.4.1.1 Pour les coulées de béton de moins de 2 m<sup>3</sup>/h et pour les coulées inférieures à 5 m<sup>3</sup> de béton, le béton peut être dosé et mélangé au chantier dans une bétonnière mobile conformément à la norme ASTM C685/C685M.

6.33.4.1.2 Si l'**Entrepreneur** choisit de fournir le béton à partir d'installations flottantes, une usine mobile sur la barge est permise si cette dernière est conforme à toutes les exigences de la norme ASTM C685/C685M. Des essais de gâchage doivent être effectués par l'**Entrepreneur**, ainsi que des essais de répétabilité pour définir les séquences et temps de malaxage pour chaque ingrédient du mélange.

6.33.4.1.3 La bétonnière mobile et son opérateur devront être identifiés et seulement ceux-ci seront autorisés à fournir le béton durant les travaux. Les résultats de ces essais doivent être consignés par écrit et une copie doit être remise à l'Ingénieur avant le début des travaux de bétonnage. Les aires d'entreposage des matériaux doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 et doivent être aménagées afin de protéger les matériaux contre l'humidité et autres conditions climatiques.

6.33.4.1.4 Le premier 0,25 m<sup>3</sup> de chaque coulée de béton fourni par la bétonnière mobile et utilisé pour la préparation et le calibrage des équipements ne peut être utilisé et doit être rejeté.

#### 6.33.4.2 VIBRATEUR

6.33.4.2.1 Les vibrateurs doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 et répondre aux caractéristiques suivantes :

Fréquence minimale pendant l'immersion dans le béton (Hz)	Diamètre de la tête du vibreur (mm)	Taux de mise en place par vibreur (m <sup>3</sup> /h)
170 à 250	20 à 40	1 à 4
150 à 225	30 à 60	2 à 8
130 à 200	50 à 90	5 à 15

#### 6.33.4.3 POMPE À BÉTON

6.33.4.3.1 L'équipement de pompage doit être conforme aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1.

6.33.4.3.2 La pompe à béton utilisée doit pouvoir pomper le béton spécifié sans modification du dosage du mélange, dans les longueurs de conduites spécifiées et aux débits requis.

6.33.4.3.3 Aucun ajustement sur les mélanges pour obtenir un mélange à plus forte teneur en ciment, à rapport de sable/pierre élevé ou à un affaissement plus élevé que les exigences du devis n'est permis pour rencontrer les exigences de certains modèles et marques de pompes.

#### 6.33.4.4 TRÉMIE

6.33.4.4.1 La trémie doit être étanche à l'eau et de section suffisante pour assurer l'écoulement libre du béton.

6.33.4.4.2 La hauteur de chute libre du béton ne doit pas dépasser 1,2 m et, le cas échéant, une trémie allongée de tubes de descente ou de « trompe d'éléphant » doit être utilisée.

6.33.4.4.3 Le tube de descente ou « trompe d'éléphant » de la trémie doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 8 fois la dimension maximale du granulats et un minimum de 150 mm pour assurer que le béton puisse s'écouler librement sans qu'il soit nécessaire de le vibrer.

6.33.4.4.4 La longueur maximale pour la chute du béton dans une « trompe d'éléphant » est de 9 m. Lorsque cette longueur doit être dépassée, des trémies de réception dont la capacité dépasse le volume d'amenée du béton doivent être utilisées.

## 6.33.5 EXÉCUTION DES TRAVAUX

### 6.33.5.1 RÉUNION PRÉ-BÉTONNAGE

6.33.5.1.1 L'**Entrepreneur** doit tenir une réunion pré-bétonnage au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de bétonnage. L'**Entrepreneur** doit alors, faire valider les éléments suivants par l'Ingénieur :

6.33.5.1.1.1 la méthode proposée de mise en place pour chaque type de réparation selon les dessins et devis;

6.33.5.1.1.2 les matériaux de réparation proposés selon les exigences du présent devis, incluant les réajustements réalisés dans le cadre des essais de convenance, le cas échéant;

6.33.5.1.1.3 les mesures mises en place par l'**Entrepreneur** pour le contrôle de la qualité afin d'assurer le succès des travaux.

### 6.33.5.2 MÉLANGE DE BÉTON

6.33.5.2.1 L'**Entrepreneur** est responsable du dosage du mélange de béton proposé et doit fournir à l'Ingénieur quatorze (14) jours avant les opérations de bétonnage, les formules de mélange et les méthodes de mise en place proposées.

6.33.5.2.2 L'**Entrepreneur** doit fournir une fiche descriptive du mélange de béton de ciment datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité du fabricant. Cette fiche est valide pour une année civile.

6.33.5.2.3 La fiche doit comprendre les informations suivantes :

6.33.5.2.3.1 une désignation, un numéro ou un code de mélange;

6.33.5.2.3.2 la masse volumique du béton frais en kg/m<sup>3</sup> du mélange pour la teneur en air et l'affaissement spécifiés;

6.33.5.2.3.3 la masse de ciment en kg/m<sup>3</sup> du mélange;

6.33.5.2.3.4 la quantité d'eau en l/m<sup>3</sup> du mélange;

6.33.5.2.3.5 la masse des granulats fins et des gros granulats en kg/m<sup>3</sup> du mélange (état saturé, surface sèche);

6.33.5.2.3.6 le rapport massique eau/liant, en considérant que les granulats sont dans un état saturé, surface sèche;

6.33.5.2.3.7 la résistance à la compression spécifiée;

- 6.33.5.2.3.8 les limites de teneur en air et d'affaissement;
- 6.33.5.2.3.9 les types d'adjuvants, le nom des produits, leur fabricant et les quantités proposées;
- 6.33.5.2.3.10 le type de ciment, sa provenance et l'identification de la cimenterie;
- 6.33.5.2.3.11 un rapport d'un laboratoire reconnu établissant pour le mélange fourni les caractéristiques du réseau de bulles d'air entraîné, soit la teneur en air, le facteur d'espacement des bulles d'air et la surface spécifique et datant de moins de 3 ans;
- 6.33.5.2.3.12 les caractéristiques intrinsèques de fabrication et complémentaires des granulats fins et grossiers ainsi que leur provenance pour chaque année civile;
- 6.33.5.2.3.13 la granulométrie, la masse volumique pilonnée à sec, la densité relative brute (état saturé, surface sèche), le pourcentage d'absorption des granulats fins et des gros granulats ainsi que le module de finesse et l'indice colorimétrique du granulat fin;
- 6.33.5.2.3.14 un rapport d'un laboratoire reconnu établissant le potentiel de la réactivité alcali-granulat datant de moins de 3 ans;
- 6.33.5.2.3.15 les résultats des essais de performance et de convenance si exigé aux *Conditions techniques particulières*.
- 6.33.5.2.4 Les formules de mélange doivent être examinées et acceptées par le laboratoire du **Propriétaire**. Le **Propriétaire** se réserve le droit d'exiger des changements à la formule afin que celle-ci soit conforme au devis.
- 6.33.5.2.5 L'Ingénieur peut demander à l'**Entrepreneur** de soumettre des échantillons des adjuvants qu'il compte utiliser.
- 6.33.5.2.6 Un certificat du fabricant doit accompagner tous les échantillons d'adjuvants, garantissant qu'ils sont de même composition que ceux qui seront fournis pour être mis en œuvre.
- 6.33.5.3 DOSAGE ET FABRICATION DU BÉTON
- 6.33.5.3.1 L'**Entrepreneur** doit s'approvisionner auprès d'un fabricant en mesure de garantir que les installations, le matériel, les matériaux utilisés dans la fabrication du béton ainsi que toutes les opérations relatives à la fabrication du béton sont conformes à la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.33.5.3.2 L'usine du fabricant de béton doit détenir un certificat de conformité délivré par le BNQ (Bureau de normalisation du Québec) conformément au protocole de certification BNQ-2621-905/2005.



#### 6.33.5.4 BORDEREAU DE LIVRAISON

6.33.5.4.1 Avant de décharger le béton, l'**Entrepreneur** doit présenter à l'Ingénieur un bordereau de livraison sur lequel doivent être indiquées les informations suivantes :

- 6.33.5.4.1.1 la raison sociale du fabricant de béton avec l'identification de la centrale de dosage;
- 6.33.5.4.1.2 la date et le numéro d'identification du bordereau;
- 6.33.5.4.1.3 le nom de l'**Entrepreneur** à qui le béton doit être livré;
- 6.33.5.4.1.4 la désignation de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage;
- 6.33.5.4.1.5 la classe du béton;
- 6.33.5.4.1.6 le numéro de la formule de dosage comprenant les quantités soit de ciment, d'eau, du gros granulat, du granulat fin et d'adjuvant réellement incorporés au mélange;
- 6.33.5.4.1.7 les adjuvants utilisés;
- 6.33.5.4.1.8 les limites de température spécifiées pour le béton frais;
- 6.33.5.4.1.9 les limites de teneur en air;
- 6.33.5.4.1.10 les limites d'affaissement;
- 6.33.5.4.1.11 la quantité de béton en mètres cubes;
- 6.33.5.4.1.12 le numéro de camion, le total cumulé pour la coulée et le numéro de chargement;
- 6.33.5.4.1.13 l'heure du chargement;
- 6.33.5.4.1.14 l'heure d'arrivée au chantier;
- 6.33.5.4.1.15 l'heure du début du déchargement;
- 6.33.5.4.1.16 la quantité d'eau ajoutée après le dosage et la signature de l'Ingénieur ayant autorisé cet ajout.

## 6.33.5.5 PRÉPARATION DES SURFACES EXISTANTES AVANT LE BÉTONNAGE

### 6.33.5.5.1 Surfaces existantes (béton ou roc)

- 6.33.5.5.1.1 Toutes les surfaces doivent être propres, fermes et exemptes de fragments détachés ou peu solides, de bran de scie, de glace, de neige et de toute autre substance étrangère ou de débris et elles doivent être suffisamment rugueuses pour assurer l'obtention d'une adhérence complète avec le nouveau béton.
- 6.33.5.5.1.2 Dans le cas de surfaces de béton durci, la laitance doit être enlevée et les granulats partiellement exposés.
- 6.33.5.5.1.3 Les surfaces rocheuses peuvent être nettoyées au jet d'air, au jet d'eau, au jet d'abrasif ou par un brossage vigoureux.
- 6.33.5.5.1.4 Les surfaces doivent être rugueuses et la rugosité de la surface traitée doit avoir une amplitude d'au moins 5 mm.
- 6.33.5.5.1.5 L'**Entrepreneur** doit débarrasser ensuite les surfaces du surplus d'eau en utilisant uniquement le jet d'air.
- 6.33.5.5.1.6 L'**Entrepreneur** doit contrôler et éliminer toute infiltration d'eau de même que toutes les flaques qui se sont formées dans les creux, à la satisfaction de l'Ingénieur.

### 6.33.5.5.2 Surfaces de béton démolies

- 6.33.5.5.2.1 L'**Entrepreneur** doit démolir le béton détérioré et effectuer la préparation des surfaces en conformité avec les exigences de la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.
- 6.33.5.5.2.2 Après nettoyage au jet d'eau, les surfaces doivent être débarrassées du surplus d'eau en utilisant uniquement le jet d'air.
- 6.33.5.5.2.3 Avant la mise en place du béton ou du produit de réparation, toute eau d'infiltration dans la zone de travail doit être contrôlée et toute accumulation d'eau dans les dépressions doit être enlevée à la satisfaction de l'Ingénieur.
- 6.33.5.5.2.4 Au moins trois (3) heures avant de placer le nouveau béton, l'**Entrepreneur** doit bien humidifier les surfaces à réparer afin qu'elles soient dans un état saturé à surface sèche. Le surplus d'eau doit être enlevé au jet d'air 15 minutes avant la mise en place du béton de façon à ce que le béton soit dans un état saturé à surface sèche au moment de la mise en place.

#### 6.33.5.6 TRANSPORT DU BÉTON

6.33.5.6.1 Tout le béton doit être livré au chantier par camion malaxeur ou agitateur, ou par bétonnière mobile en conformité avec le paragraphe 6.33.4.1 *Bétonnière mobile*.

6.33.5.6.2 Le transport du béton doit être fait de façon à éviter la séparation des constituants du béton ou une altération de sa consistance.

#### 6.33.5.7 DÉLAI PRESCRIT ENTRE LE DOSAGE ET LA MISE EN PLACE

6.33.5.7.1 Le délai entre le moment du dosage initial et le déchargement complet doit répondre aux exigences de la norme CAN/CSA A23.1.

6.33.5.7.2 En aucun moment, le temps écoulé entre le dosage et le déchargement ne doit excéder 120 minutes. Toute dérogation à cette exigence doit être approuvée par l'Ingénieur avant la mise en place du béton.

6.33.5.7.3 Si le délai depuis le dosage dépasse 90 minutes, la teneur en air et la température du béton doit être revérifiée par l'**Entrepreneur**.

6.33.5.7.4 Le béton qui n'a pas été mis en place dans le délai prescrit ne doit pas être utilisé.

#### 6.33.5.8 CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE

6.33.5.8.1 La température du béton livré sur le chantier doit être conforme à la norme CAN/CSA A23.1 et être mesurée à la sortie du camion malaxeur conformément à la norme ASTM C1064/C1064M.

6.33.5.8.2 La température doit être aussi basse que possible afin de limiter la hausse de la température engendrée par la chaleur d'hydratation et ne doit en aucun cas être supérieure à celle prescrite au tableau suivant :

Épaisseur de la plus petite dimension de la portion à couler (m)	Température du béton, °C	
	Minimale	Maximale
< 0,3	10	30
0,3 à 1	10	28
1 à 2	10	20
> 2	10	12

**Note:** La température du béton BHP ne doit jamais être supérieure à 22°C

#### 6.33.5.8.3 Bétonnage par temps chaud

6.33.5.8.3.1 Lorsque la température ambiante est de 27°C ou plus, ou lorsqu'il y a probabilité qu'elle atteigne 27°C pendant le bétonnage (selon les prévisions de la station météorologique d'Environnement Canada, la plus proche des travaux) la plus proche des travaux, les moyens appropriés doivent être pris pour assurer la protection du béton mis en place contre les effets du temps chaud ou sec.

- 6.33.5.8.3.2 Pour obtenir la température requise, l'**Entrepreneur** doit utiliser des méthodes appropriées telles que le refroidissement de l'eau de gâchage avec de la glace, l'humidification des granulats.
- 6.33.5.8.3.3 Dans les conditions intenses d'assèchement, les coffrages, l'armature et le matériel de bétonnage doivent être protégés des rayons directs du soleil ou refroidis par brumisation et évaporation.
- 6.33.5.8.3.4 Lorsque la température du béton se maintient au-dessus de 25°C, l'utilisation d'un adjuvant retardateur de prise peut être envisagée mais doit faire l'objet d'une autorisation de l'Ingénieur.
- 6.33.5.8.3.5 L'**Entrepreneur** doit mettre en œuvre tous les moyens nécessaires afin que le taux d'évaporation soit inférieur à 0,5 kg/m<sup>2</sup>h. Une ou plusieurs des mesures suivantes peuvent être prises par l'**Entrepreneur** si le taux d'évaporation dépasse, ou risque de dépasser cette limite :
- 6.33.5.8.3.5.1 ériger des paravents autour des surfaces de béton;
  - 6.33.5.8.3.5.2 mouiller le support avant la mise en place du béton;
  - 6.33.5.8.3.5.3 monter des pare-soleil au-dessus du béton pendant le finissage;
  - 6.33.5.8.3.5.4 abaisser la température du béton;
  - 6.33.5.8.3.5.5 recouvrir la surface du béton d'une pellicule de polyéthylène entre les phases de finissage;
  - 6.33.5.8.3.5.6 entreprendre la cure du béton immédiatement après le finissage à la truelle;
  - 6.33.5.8.3.5.7 mettre le béton en place et le finir pendant la nuit.
- 6.33.5.8.4 Bétonnage par temps froid
- 6.33.5.8.4.1 Lorsque la température minimale du mélange ne peut être atteinte dans des conditions normales, les constituants du béton doivent être chauffés selon les exigences suivantes :
- 6.33.5.8.4.1.1 l'eau entrant en contact avec le ciment doit avoir une température inférieure à 40°C. Si la température est supérieure, l'eau doit d'abord être mélangée aux granulats. La température de l'eau de gâchage ne doit jamais être supérieure à 80°C;
  - 6.33.5.8.4.1.2 les granulats doivent être chauffés de façon à éliminer toute motte gelée, la neige et la glace. La température moyenne des granulats ne doit pas dépasser 40°C lors de l'ajout de ciment;

- 6.33.5.8.4.1.3 l'usage d'eau chaude de gâchage pour faire disparaître les mottes gelées et la neige dans les granulats est interdit.
- 6.33.5.8.4.2 Lorsque la température ambiante est de 5°C ou moins, ou lorsqu'il y a probabilité qu'elle chute sous 5°C dans les 24 heures de la mise en place (selon les prévisions de la station météorologique d'Environnement Canada, la plus proche des travaux), tout le matériel et les matériaux nécessaires pour assurer la protection du béton et sa cure doivent être disponibles et prêts à être utilisés avant le début du bétonnage.
- 6.33.5.8.4.3 La neige et la glace doivent être enlevées avant que le béton ne soit placé sur quelque surface que ce soit. L'**Entrepreneur** ne doit pas utiliser de chlorure de calcium ou autres sels pour le déglacage des coffrages. Le béton ne doit pas être mis en place contre ou sur une surface dont la température contribuerait à abaisser celle du béton.
- 6.33.5.8.4.4 Toutes les surfaces avec lesquelles le béton frais vient en contact doivent être préalablement réchauffées à une température minimale de 10°C et maintenues à cette température durant une période minimale de 12 heures successives avant la mise en place du béton.
- 6.33.5.8.4.5 Par temps froid, l'**Entrepreneur** doit assurer au béton la protection appropriée pendant toute la période de mise en place et de cure. Cette protection doit être assurée au moyen d'abris chauffés, de couvertures, d'isolation, ou par une combinaison de ces mesures.
- 6.33.5.8.4.6 Les abris doivent être construits de façon à résister aux charges de vent et de neige et être raisonnablement étanches à l'air. Il doit y avoir un espace suffisant entre le béton et l'abri pour permettre une circulation de l'air chaud.
- 6.33.5.8.4.7 L'abri peut être chauffé à la vapeur vive, à l'air chaud pulsé, ou au moyen d'appareils de chauffage fixes ou autres.
- 6.33.5.8.4.8 Les appareils de chauffage doivent être de capacité et en nombre suffisants pour maintenir le béton à la température exigée.
- 6.33.5.8.4.9 Dans le cas des appareils qui dégagent du gaz carbonique, l'**Entrepreneur** doit prendre soin d'évacuer ce gaz hors de l'abri. Le gaz carbonique ne doit en aucun cas entrer en contact avec le béton.
- 6.33.5.8.4.10 Pour les travaux sous l'eau, aucune réparation ne peut être exécutée lorsque la température de l'eau est inférieure à 5°C.

#### 6.33.5.9 CONTRÔLE DE L'AFFAISSEMENT ET DE LA TENEUR EN AIR

- 6.33.5.9.1 Tout ajustement de l'affaissement et de la teneur en air doit être autorisé par l'Ingénieur et être effectué en conformité avec l'article 5.2.4.3 de la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.33.5.9.2 À moins d'indication contraire, il n'est pas permis d'ajouter de l'eau à celle contenue dans le mélange de béton, que ce soit lors du transport ou après l'arrivée sur le chantier.
- 6.33.5.9.3 Sur autorisation de l'Ingénieur, l'affaissement du béton peut être ajusté s'il est inférieur à la valeur prescrite et s'il ne s'est pas écoulé plus de 60 minutes depuis le dosage.
- 6.33.5.9.4 La quantité d'eau ajoutée ne doit pas dépasser 12 litres/m<sup>3</sup> ou 8% de l'eau de gâchage prescrite et cet ajout doit être accepté et effectué sous surveillance de l'Ingénieur.
- 6.33.5.9.5 L'utilisation de retardateurs de prise pour prolonger le temps de déchargement doit être autorisée par l'Ingénieur.
- 6.33.5.9.6 Lorsque le béton superplastifié ne répond pas aux exigences d'affaissement à cause d'un retard, il doit être ajusté par le fournisseur au moyen d'adjuvants superplastifiants seulement. L'ajout d'eau est interdit. La quantité d'adjuvant ajoutée, sous la supervision de l'Ingénieur, doit être consignée sur le bordereau de livraison.
- 6.33.5.9.7 L'échantillonnage en vue des essais d'uniformité du béton malaxé doit se faire conformément à l'article 2.3 de la norme CAN/CSA A23.2-1C *Échantillonnage du béton plastique*.

#### 6.33.5.10 MISE EN PLACE DU BÉTON

- 6.33.5.10.1 Le béton doit être mis en place conformément à l'article 7.2.4 de la norme CAN/CSA A23.1 et aux exigences qui suivent.
- 6.33.5.10.2 Aucun bétonnage ne doit débuter avant que l'**Entrepreneur** n'ait obtenu l'autorisation écrite de l'Ingénieur.
- 6.33.5.10.3 L'affaissement et la teneur en air doivent rencontrer les prescriptions des articles 6.33.3.7 *Béton standard*, 6.33.3.8 *Béton autoplaçant* ou 6.33.3.9 *Béton antilessivage* selon le type de béton à mettre en place.
- 6.33.5.10.4 Tout le matériel utilisé pour transporter et couler le béton doit permettre de déverser le béton frais en continu dans les coffrages et doit être nettoyé de béton durci avant son utilisation.

- 6.33.5.10.5 Le béton doit être mis en place dans les coffrages de façon à empêcher la ségrégation et dans un endroit situé aussi près que possible de sa position définitive.
- 6.33.5.10.6 La mise en place du béton autoplaçant doit être continue, sans aucun arrêt et ce, afin de conserver les propriétés thixotropiques et d'éviter un raidissement du béton.
- 6.33.5.10.7 Le béton doit être coulé en couches horizontales et le taux de mise en place doit être tel que chaque couche successive puisse être vibrée de façon à assurer son liaisonnement avec la couche précédente.
- 6.33.5.10.8 Le béton doit être coulé en couches horizontales d'une épaisseur maximale de 500 mm.
- 6.33.5.10.9 De manière à réduire au minimum les mouvements latéraux du béton dans les coffrages pouvant provoquer la ségrégation, la distance entre les points de déversement ne doit pas dépasser 5 m.
- 6.33.5.10.10 Au besoin, des trémies collectrices et des goulottes ou des conduits verticaux ou inclinés doivent être utilisées de manière à maintenir à moins de 1,2 m la hauteur de chute libre du béton.
- 6.33.5.10.11 Lorsque le béton transite dans des bennes, l'**Entrepreneur** doit utiliser des bennes qui ont de larges volets s'ouvrant vers le bas, et qui permettent de décharger le béton de manière à éviter la ségrégation du béton et à obtenir un affaissement de l'ordre de 20 à 80 mm.
- 6.33.5.10.12 L'**Entrepreneur** doit s'assurer que les armatures et les pièces noyées ne seront pas déplacées pendant la mise en place du béton.
- 6.33.5.11 BÉTON POMPÉ
- 6.33.5.11.1.1 Le béton pompé doit être mis en place conformément aux exigences de la norme ACI 304.2R.
- 6.33.5.11.1.2 L'**Entrepreneur** doit tailler les surfaces qui peuvent emprisonner de l'air ou mettre en place des tuyaux d'évent dans le coffrage au besoin.
- 6.33.5.11.1.3 Pour éviter la ségrégation du béton, la ligne de pompage doit toujours être pleine durant le pompage et elle doit se terminer par une section réductrice de 75 mm de diamètre.
- 6.33.5.11.1.4 Lorsqu'une pompe est utilisée pour la mise en place du béton haute performance (BHP), la teneur en air, l'affaissement et la température du béton doivent être mesurés à la sortie de la pompe.

#### 6.33.5.12 BÉTONNAGE SOUS L'EAU

6.33.5.12.1 Les exigences de l'article 7.2.6 de la norme CAN/CSA A23.1 s'appliquent, auxquelles s'ajoutent les exigences suivantes :

- 6.33.5.12.1.1 la perte de masse au lessivage établie selon la norme CRD-C 61 doit être inférieure à 5% mesurée conformément à ladite norme;
- 6.33.5.12.1.2 les trémies doivent être munies d'un clapet ou d'un accessoire équivalent empêchant l'eau de pénétrer dans le tuyau de la trémie;
- 6.33.5.12.1.3 une éponge ou l'équivalent doit être installée dans le tuyau de la pompe à béton afin d'éviter son lessivage lors de son arrivée dans l'eau;
- 6.33.5.12.1.4 le béton ne doit pas être mis en place lorsque la température de l'eau est inférieure à 5°C;
- 6.33.5.12.1.5 la trémie doit être étanche à l'eau et de section suffisante pour assurer l'écoulement libre du béton;
- 6.33.5.12.1.6 le béton doit être déchargé et étalé en déplaçant la trémie de manière à assurer un débit aussi uniforme que possible. Si la trémie perd sa charge pendant le bétonnage, l'**Entrepreneur** doit la retirer et la recharger;
- 6.33.5.12.1.7 l'étanchéité de la trémie doit être maintenue en noyant l'extrémité d'au moins 0,3 m dans le béton mis en place et en relevant le tube de la trémie au fur et à mesure que le niveau du béton s'élève;
- 6.33.5.12.1.8 la surface de béton qui émerge de l'eau doit être débarrassée de toute laitance qui se serait formée par délavage et l'**Entrepreneur** doit poursuivre la mise en place à l'extrémité mise à sec des coffrages de manière à repousser l'eau et le béton frais vers la surface de l'autre extrémité.

#### 6.33.5.13 CONSOLIDATION DU BÉTON

6.33.5.13.1 Les exigences de l'article 7.2.5 de la norme CAN/CSA A23.1 s'appliquent, auxquelles s'ajoutent les exigences qui suivent :

- 6.33.5.13.1.1 des vibrateurs internes doivent être utilisés pour la consolidation du béton en tenant compte de la dimension et de l'espacement des barres d'armature à l'intérieur des coffrages. L'**Entrepreneur** peut en outre utiliser des vibrateurs externes ou des règles vibrantes;
- 6.33.5.13.1.2 les vibrateurs doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA A23.1 et répondre aux caractéristiques du tableau présenté à l'article 6.33.4.2 *Vibrateur*;



- 6.33.5.13.1.3 il doit toujours y avoir sur les lieux de bétonnage au moins un vibreur supplémentaire en plus du nombre prévu à la norme CAN/CSA A23.1;
- 6.33.5.13.1.4 en général, la distance entre les points d'insertion des vibreurs doit être d'environ 1,5 fois leur rayon d'action observé, ce qui correspond environ à six (6) fois le diamètre de l'aiguille vibrante;
- 6.33.5.13.1.5 le vibreur doit pénétrer toute l'épaisseur de la couche de béton et au moins 150 mm dans la couche de béton précédente;
- 6.33.5.13.1.6 le vibreur doit ensuite être retiré selon un plan vertical et lentement, à une vitesse de moins de 100 mm par seconde (environ 4 secondes pour une couche de 400 mm);
- 6.33.5.13.1.7 les vibreurs ne doivent jamais toucher les pièces encastrées, les aciers d'armature et les coffrages;
- 6.33.5.13.1.8 pour éliminer les bulles d'air emprisonnées à la surface des coffrages où il y a écoulement à haute vitesse ou encore avec traitement architectural, l'épaisseur des couches doit être réduite et une plus grande attention doit être apportée à la procédure de vibration. L'**Entrepreneur** devra alors réduire la distance d'insertion, augmenter le temps de vibration et réduire la vitesse de retrait du vibreur;
- 6.33.5.13.1.9 la fréquence de vibration des vibreurs doit être vérifiée et ajustée périodiquement aux intervalles déterminés par l'Ingénieur.

#### 6.33.5.14 JOINTS DE CONSTRUCTION

- 6.33.5.14.1 Les joints de construction représentent des points d'arrêt dans les travaux de construction ou dans une coulée de béton et ne sont permis qu'aux endroits indiqués sur les dessins ou à la Section 4 *Conditions techniques particulières*.
- 6.33.5.14.2 Les joints de construction non indiqués sur les dessins doivent être autorisés par l'Ingénieur et situés et conçus de manière à nuire le moins possible à la résistance du béton et à l'esthétique de l'ouvrage.
- 6.33.5.14.3 Lorsqu'un joint de construction doit être effectué, la surface de béton qui a fait prise doit être rendue suffisamment rugueuse, totalement débarrassée des corps étrangers et de la laitance, saturée d'eau et conservée humide, sans excès d'eau en surface, jusqu'au moment de la reprise du bétonnage, le tout en conformité avec l'article 6.33.5.5.1 *Surfaces existantes (béton ou roc)*.
- 6.33.5.14.4 Au moment de la pose des coffrages, des bandes de chanfrein doivent être placées aux joints de manière à ce que leur arête apparente ait un fini impeccable.

- 6.33.5.14.5 La première couche de béton coulée sur la coulée précédente durcie doit avoir environ 150 mm d'épaisseur. Le béton frais doit être vibré uniformément au moyen de vibrateurs internes introduit dans sa masse à environ tous les 500 mm.
- 6.33.5.14.6 Étanchéité des joints de construction
- 6.33.5.14.6.1 Tous les joints de construction dont l'étanchéité est exigée aux *Conditions techniques particulières* doivent être munis d'une lame d'étanchéité.
- 6.33.5.14.6.2 Les lames d'étanchéité doivent respecter les exigences de l'article 6.37.7 *Lames d'étanchéité* de la sous-section 6.37 *Produits divers pour travaux de béton*.
- 6.33.5.14.6.3 Le bétonnage doit être exécuté de manière à empêcher toute perte de laitance au contact garniture/coffrage (étoupe ou joint élastomère) et empêcher le gauchissement de la lame d'étanchéité. La moitié de la garniture qui sort à travers un coffrage doit être protégée s'il y a lieu par un support ou une planche de bois de chaque côté de manière à éviter qu'elle soit pliée ou endommagée.
- 6.33.5.14.7 Joint de contrôle de retrait
- 6.33.5.14.7.1 Les exigences de l'article 7.3.2 de la norme CSA A23.1 s'appliquent auxquelles s'ajoutent celles qui suivent :
- 6.33.5.14.7.1.1 les joints de contrôle de retrait, également désignés «joints de rupture», peuvent être exécutés par sciage, façonnage à la main ou par insertion dans la surface du béton de baguettes préformées favorisant la fissuration;
- 6.33.5.14.7.1.2 les joints de contrôle de retrait sont indiqués sur les dessins;
- 6.33.5.14.7.1.3 à moins d'indication contraire, les joints doivent être espacés selon un quadrillage d'au plus 4,5 m entre axes;
- 6.33.5.14.7.1.4 les joints façonnés et les baguettes préformées doivent s'enfoncer dans le béton à une profondeur d'au moins 25 mm.
- 6.33.5.14.8 Rustication des joints
- 6.33.5.14.8.1 À moins d'indication contraire, tous les joints de construction et les joints de retrait horizontaux et verticaux doivent être rustiqués au moyen de bandes de chanfrein de 20 mm placées dans les coffrages.
- 6.33.5.14.8.2 Les bandes de chanfrein doivent être faites du même matériau que les coffrages.

- 6.33.5.14.8.3 Les bandes de chanfrein doivent être placées de manière à laisser dans le béton une rainure nette et régulière, à tous les joints de construction, le long des arêtes verticales apparentes des joints de retrait, et à tous les coins et arêtes exposés du béton.
- 6.33.5.14.8.4 Les bandes de chanfrein doivent toutes être de section égale, placées de niveau et bien alignées
- 6.33.5.15 FINISSAGE DE SURFACE
- 6.33.5.15.1 Le finissage du béton doit être effectué pendant que celui-ci est encore suffisamment plastique pour produire la texture, les pentes et les niveaux voulus.
- 6.33.5.15.2 Un ressuage excessif d'eau et de particules fines ne doit pas apparaître à la surface du béton.
- 6.33.5.15.3 Les surfaces ne doivent pas dévier des limites prescrites de plus de 5 mm lorsque mesurées avec une règle droite de 3 m.
- 6.33.5.15.4 Le finissage des surfaces non coffrées doit être effectué à la truelle de bois pour obtenir une texture semblable à celle du béton adjacent.
- 6.33.5.15.5 Pour les surfaces de béton coffrées, les tirants de coffrages et autres pièces métalliques doivent être enlevés ou coupés en retrait jusqu'à au moins 40 mm par rapport à la surface du béton.
- 6.33.5.15.6 Les trous laissés par les tirants, les parties creusées et les cavités doivent être suffisamment profonds et leurs bords assez perpendiculaires pour retenir le mortier de ragréage.
- 6.33.5.15.7 Les parties creusées et les cavités doivent être saturées d'eau et réparées après brossage de la surface à ragréer avec une pâte de ciment pure et par remplissage au moyen d'un mortier contenant le même sable et le même ciment que ceux qui ont été utilisés pour le béton.
- 6.33.5.15.8 Les surfaces doivent être maintenues humides durant une période de trois (3) heures successives précédant l'opération de remplissage avec du béton ou du mortier.
- 6.33.5.15.9 Le mortier doit être pressé ou tassé fortement dans la cavité de façon à la combler complètement, puis fini de façon à lui donner la même texture que celle de la surface adjacente.
- 6.33.5.15.10 Pour les finissages soumis aux cycles de gel-dégel ou à l'action des sels déglaçants ou aux deux à la fois, l'**Entrepreneur** doit utiliser un matériau pré-ensaché contenant un latex de type acrylique ou styrène-butadiène qui est résistant aux cycles de gel-dégel et à l'action des sels déglaçants.

## 6.33.5.16 CURE DU BÉTON

### 6.33.5.16.1 Méthode de cure

6.33.5.16.1.1 Immédiatement après le finissage le béton fraîchement mis en place doit être soumis à une cure continue offrant les conditions de température et d'humidité afin que le béton atteigne sa résistance, sa durabilité et ses autres caractéristiques.

6.33.5.16.1.2 La cure du béton est effectuée par arrosage d'eau continu. L'eau de cure ne doit pas avoir d'effets néfastes sur le béton. Toute autre méthode doit être autorisée par l'Ingénieur.

6.33.5.16.1.3 Les surfaces à découvert du béton fraîchement mis en œuvre doivent être maintenues en atmosphère humide constante pendant au moins sept (7) jours consécutifs.

6.33.5.16.1.4 La cure du béton peut être réalisée à l'aide de l'une des méthodes suivantes :

Méthode	Commentaires
Nappe d'eau ou arrosage d'eau continu	Cette méthode est principalement utilisée dans le cas de béton de masse.
Nattes absorbantes ou toiles de jute maintenues humides avec toile de polyéthylène	Les nattes ou toiles doivent se chevaucher de 75 mm et être fixées pour éviter d'être déplacées. Un polyéthylène doit les recouvrir afin de réduire le taux d'évaporation de l'eau.
Vapeur continue ou bain de vapeur d'eau	La température de la vapeur d'eau ne doit jamais dépasser 60°C.

6.33.5.16.1.5 Le maintien des coffrages en bois en place durant sept (7) jours constitue une méthode acceptable de mûrissement, dans la mesure où les coffrages sont arrosés pour les maintenir humides.

6.33.5.16.1.6 Les coffrages d'acier laissés en place pour procurer la cure du béton doivent être légèrement relâchés après la prise initiale du béton sur autorisation de l'Ingénieur, pour permettre un arrosage laissant l'eau s'écouler entre le coffrage et la surface du béton.

6.33.5.16.1.7 Dans le cas de béton de masse, la cure doit être spécifiquement effectuée par arrosage continu ou assurée par l'utilisation de nattes absorbantes, de toiles de jute et de toiles de polyéthylène maintenues continuellement humides. La température de l'eau doit être égale ou ne pas être inférieure de moins de 10°C à celle du béton.

- 6.33.5.16.1.8 Les travaux de béton dont le mûrissement n'est pas effectué conformément aux exigences du devis ou aux instructions de l'Ingénieur ne seront pas payés. De plus, le **Propriétaire** se réserve le droit de faire reprendre les travaux de béton aux frais de l'**Entrepreneur** si, de l'avis de l'Ingénieur, les travaux de béton ont subi une perte de qualité résultant du manque de mûrissement.
- 6.33.5.16.2 Cure par temps froid
- 6.33.5.16.2.1 Le béton doit être maintenu à une température minimale de 10°C pendant la période minimale de cure de sept (7) jours.
- 6.33.5.16.2.2 Cette période minimale de protection du béton doit être prolongée tant que le béton n'a pas atteint 70% de la résistance exigée à vingt-huit (28) jours, ou selon la résistance spécifiée aux *Conditions techniques particulières*.
- 6.33.5.16.2.3 Les appareils de chauffage doivent être de capacité et en nombre suffisants pour maintenir le béton à la température exigée.
- 6.33.5.16.2.4 Si des appareils qui dégagent du gaz carbonique sont utilisés, l'**Entrepreneur** doit prendre soin d'évacuer ce gaz hors de l'abri. Le gaz carbonique ne doit en aucun cas entrer en contact avec le béton.
- 6.33.5.16.2.5 Après la période de protection, la température du béton doit être abaissée graduellement pendant les 24 premières heures. Le taux de diminution ne doit pas être supérieur à 10°C/h. Le béton ne doit pas être mis en contact avec l'air extérieur si la différence entre la température du béton et celle de l'air extérieur est supérieure à 20°C.
- 6.33.5.16.2.6 Pendant toute la durée de la protection, l'**Entrepreneur** doit fournir et installer en nombre suffisant des thermomètres qui enregistrent les températures minimale et maximale pour vérifier la température du béton en place et un thermomètre pour vérifier la température de l'air extérieur.
- 6.33.5.16.2.7 Tout béton endommagé à cause du gel ou de l'insuffisance des moyens de protection ou d'une cure insuffisante doit être enlevé et remplacé par l'**Entrepreneur** sans frais additionnels pour le **Propriétaire**.
- 6.33.5.16.3 Application des produits chimiques de cure
- 6.33.5.16.3.1 L'utilisation de produits chimiques de cure doit être autorisée par l'Ingénieur. L'**Entrepreneur** doit, à cet effet, soumettre le type, la méthode et le taux d'application avec toutes les fiches techniques du fabricant.

6.33.5.16.3.2 Si autorisé par l'Ingénieur, le produit de cure formant membrane doit être appliqué de manière à former une pellicule suffisamment épaisse et ininterrompue sur la surface de béton. Le dosage ainsi que la méthode d'application doivent être conformes aux recommandations du fabricant. Cette pellicule doit être protégée pour demeurer intacte durant toute la période de cure.

#### 6.33.5.17 RÉPARATION DES DÉFAUTS DE BÉTONNAGE

6.33.5.17.1 La réparation des défauts de bétonnage identifiés par l'Ingénieur doit être effectuée selon des méthodes acceptées par l'Ingénieur.

6.33.5.17.2 Toutes les fissures de 0,3 mm et plus dans le nouveau béton doivent être réparées aux frais de l'**Entrepreneur** selon les critères de la sous-section 6.35 *Injection*.

6.33.5.17.3 Les nids d'abeille décelés après le décoffrage ne doivent pas être réparés avant d'avoir été inspectés et délimités par l'Ingénieur.

6.33.5.17.4 Lorsque les nids d'abeilles se sont formés dans des éléments non structuraux, le pourtour de la surface à réparer doit être délimité par des traits de scie de 20 mm de profondeur perpendiculaires à la surface.

6.33.5.17.5 Après le sciage et le bouchardage, mais avant le remplissage, chaque trou doit être nettoyé à la brosse et à l'air comprimé, lavé et gardé constamment mouillé durant une période minimale de trois (3) heures.

6.33.5.17.6 La surface des parties à réparer doit être brossée, puis remplie au moyen d'un mortier contenant le même sable et le même ciment que ceux qui ont été utilisés pour le béton.

6.33.5.17.7 Pour les réparations soumises aux cycles de gel-dégel ou à l'action des sels déglacants ou aux deux à la fois, l'**Entrepreneur** doit utiliser un matériau pré-ensaché contenant un latex de type acrylique ou styrène-butadiène qui est résistant aux cycles de gel-dégel et à l'action des sels déglacants.

6.33.5.17.8 Lorsque les nids d'abeilles se sont formés dans des éléments structuraux, les mesures correctives doivent être prises selon les directives de l'Ingénieur.

6.33.5.17.9 Les endroits ayant été réparés doivent subir un traitement de cure en conformité avec l'article 6.33.5.16 *Cure du béton*.

#### 6.33.5.18 RÉPARATION SUPERFICIELLE DU BÉTON EXISTANT

6.33.5.18.1 Les réparations superficielles du béton existant identifiées doivent être effectuées selon des méthodes acceptées par l'Ingénieur.

- 6.33.5.18.2 Lorsque les nids d'abeilles sont identifiés dans des éléments non structuraux, le pourtour de la surface à réparer doit être délimité par des traits de scie de 20 mm de profondeur perpendiculaires à la surface.
- 6.33.5.18.3 Après le sciage et le bouchardage, mais avant le remplissage, chaque trou doit être nettoyé à la brosse et à l'air comprimé, lavé et gardé constamment mouillé durant une période minimale de trois (3) heures.
- 6.33.5.18.4 La surface des parties à réparer doit être brossée, puis remplie au moyen d'un mortier cimentaire.
- 6.33.5.18.5 Pour les réparations soumises aux cycles de gel-dégel ou à l'action des sels déglaçants ou aux deux à la fois, l'**Entrepreneur** doit utiliser un matériau pré-ensaché contenant un latex de type acrylique ou styrène-butadiène qui est résistant aux cycles de gel-dégel et à l'action des sels déglaçants.
- 6.33.5.18.6 Lorsque les nids d'abeilles sont identifiés dans des éléments structuraux, les mesures correctives doivent être prises selon les directives de l'Ingénieur.
- 6.33.5.18.7 Les endroits ayant été réparés doivent subir un traitement de cure en conformité avec l'article 6.33.5.16 *Cure de béton*.
- 6.33.5.19 SCCELLEMENT DES JOINTS
- 6.33.5.19.1 La partie supérieure des joints doit être obturée avec un produit scellant compatible avec le matériau de remplissage du joint.
- 6.33.5.19.2 Le produit de scellement des joints doit être appliqué en conformité avec les instructions du fabricant.
- 6.33.5.19.3 La température ambiante au moment de l'application du produit de scellement ne doit pas être inférieure à 5°C ou à la température minimale spécifiée par le fabricant.
- 6.33.5.19.4 L'**Entrepreneur** ne doit pas appliquer le produit de scellement tant que :
- 6.33.5.19.4.1 la cure du béton n'est pas terminée;
- 6.33.5.19.4.2 la surface de béton sur laquelle le produit de scellement doit être appliqué n'a pas été décapée au jet d'abrasif afin d'éliminer les matières friables et nettoyée au jet d'air comprimé;
- 6.33.5.19.4.3 la surface est humide et ne rencontre pas les exigences du fabricant.

## 6.33.6 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

### 6.33.6.1 INSPECTIONS ET ESSAIS

- 6.33.6.1.1 En plus du contrôle de qualité effectué par l'**Entrepreneur**, des inspections et des essais du béton et de ses constituants seront effectués par un laboratoire d'essais retenu par le **Propriétaire**. En aucun cas, ces inspections et essais n'ont pour effet de réduire ou modifier les obligations de l'**Entrepreneur** en vertu du présent Contrat.
- 6.33.6.1.2 L'**Entrepreneur** doit fournir les installations et accès nécessaires pour le prélèvement des cylindres d'essai.
- 6.33.6.1.3 Au moins 24 heures avant chaque coulée de béton, l'**Entrepreneur** doit transmettre par écrit un avis de bétonnage à l'Ingénieur afin que ce dernier puisse avertir le laboratoire du **Propriétaire** et l'**Entrepreneur** doit s'assurer de la présence du représentant de ce laboratoire lors de ces coulées, à défaut de quoi l'Ingénieur interdira les travaux de bétonnage.
- 6.33.6.1.4 À moins d'indication contraire, le laboratoire d'essai du **Propriétaire** prélèvera six (6) cylindres d'essai par coulée de 50 m<sup>3</sup> et moins. Quatre cylindres supplémentaires seront prélevés pour chaque 50 m<sup>3</sup> additionnel mis en place.
- 6.33.6.1.5 Le laboratoire d'essais ne prélèvera jamais moins de 6 cylindres par jour pour chacune des classes de béton mis en place et ce, pour chaque type d'élément structural.
- 6.33.6.1.6 Trois (3) cylindres d'essai additionnels seront prélevés par le laboratoire d'essai du **Propriétaire** lors des travaux de bétonnage par temps froid. L'**Entrepreneur** doit assurer la cure de ces cylindres au chantier.
- 6.33.6.1.7 Les cylindres conservés au chantier doivent être disposés de telle manière à ce qu'ils soient soumis aux mêmes conditions de cure que le béton mis en œuvre dans l'ouvrage. L'**Entrepreneur** doit s'assurer que son personnel ne déplace pas les cylindres d'essai pendant la cure.
- 6.33.6.1.8 À chaque prélèvement de cylindre d'essai, le laboratoire du **Propriétaire** fera le contrôle du pourcentage d'air, de la température du béton et de la plasticité du béton. Ces travaux seront exécutés au chantier.
- 6.33.6.1.9 Si la qualité du béton n'est pas conforme aux exigences du présent devis, l'**Entrepreneur** doit reprendre à ses frais les ouvrages défectueux et assumer le coût des essais supplémentaires.
- 6.33.6.1.10 Les méthodes d'essai non-destructif du béton doivent être conformes à la norme CAN/CSA A23.2.



## 6.33.6.2 ADHÉRENCE ENTRE LE BÉTON DE RÉPARATION ET LE BÉTON EXISTANT

6.33.6.2.1 L'**Entrepreneur** doit prévoir et localiser des indicateurs à l'intérieur des coffrages afin de s'assurer que les tests d'adhérence qui seront effectués ultérieurement par carottage n'entreront pas en conflit avec les armatures.

6.33.6.2.2 Pour les tests d'adhérence, l'**Entrepreneur** doit réaliser, en présence du laboratoire du **Propriétaire**, un nombre minimal de carottes par coulée de béton, tel qu'exigé aux *Conditions techniques particulières*.

6.33.6.2.3 Les exigences minimales en termes d'adhérence entre le béton de réparation et le béton existant sont les suivantes :

6.33.6.2.3.1 la valeur minimale est de 0,4 MPa à sept (7) jours ou de 1,0 MPa à vingt-huit (28) jours;

6.33.6.2.3.2 la valeur d'adhérence d'une coulée (phase de bétonnage) est déterminée par la moyenne des résultats des tests d'adhérence;

6.33.6.2.3.3 la méthode pour réaliser l'essai est la traction directe selon la norme CAN/CSA A23.2-6B.

6.33.6.2.4 Si un ou plusieurs des critères énumérés au paragraphe 6.33.6.2.3 ne sont pas respectés, le **Propriétaire** se réserve le droit de demander la reprise de l'ouvrage aux frais de l'**Entrepreneur**.

## 6.33.6.3 PÉNALITÉ APPLICABLE

6.33.6.3.1 Dans l'éventualité où la résistance réelle du béton à vingt-huit (28) jours est inférieure à la résistance prescrite, les pénalités suivantes seront appliquées :

Résistance prescrite 35 MPa		Résistance prescrite 50 MPa	
Résistance À 28 jours (MPa)	Pénalité (%) <sup>(1)</sup>	Résistance à 28 jours (MPa)	Pénalité (%) <sup>(1)</sup>
34,0 à 34,9	2 %	49,0 à 49,9	2 %
33,0 à 33,9	4 %	48,0 à 48,9	4 %
32,0 à 32,9	6 %	47,0 à 47,9	6 %
31,0 à 31,9	8 %	46,0 à 46,9	8 %
30,0 à 30,9	10 %	45,0 à 45,9	10 %
29,0 à 29,9	25 %	44,0 à 44,9	20 %
28,0 à 28,9	40 %	43,0 à 43,9	40 %
27,0 à 27,9	55 %	42,0 à 42,9	80 %
26,0 à 26,9	70 %	< 42,0	Voir article 6.33.6.3.2
25,0 à 25,9	85 %		
< 25,0	Voir article 6.33.6.3.2		

(1) % du prix unitaire soumissionné au poste pertinent du Tableau des prix pour les quantités déficientes.

- 6.33.6.3.2 Si la résistance à vingt-huit (28) jours du béton est inférieure à la limite inférieure du tableau du paragraphe 6.33.6.3.1, le **Propriétaire** se réserve le droit de faire reprendre les ouvrages non conformes aux frais de l'**Entrepreneur**.
- 6.33.6.3.3 Aucune pénalité n'est applicable pour une résistance plus élevée que la résistance prescrite. Toutefois, le **Propriétaire** se réserve le droit de demander à l'**Entrepreneur** de modifier son mélange ou de modifier ses mesures de contrôle qualité, notamment au niveau du dosage en ciment et de la teneur en eau des granulats si les résistances sont de beaucoup supérieures aux résistances spécifiées et que ces valeurs de résistance sont jugées préjudiciables de l'opinion de l'Ingénieur à la qualité des travaux, particulièrement en termes de fissuration excessive.

---

**FIN DE LA SOUS-SECTION**